

Behövs verkligen MÖRK MATERIA?

Den mörka materian har gäckat astronomerna sedan 1930-talet. Vad kan den vara för något märkligt? Eller är det kanske rent av så att vi har skällt under fel träd sedan lång tid tillbaka? En konkurrerande hypotes är att vi måste modifiera den väletablerade newtonska dynamiken, inte bara vid starka gravitationsfält som med den allmänna relativitetsteorin, utan också när gravitationsaccelerationen är mycket svag.

av Åsa Karlsson

Gevärskulehoppen, två kolliderande galaxhopar – talar den emot den så kallade MOND-teorin eller inte?

Man läser mycket i medierna om den mystiska mörka materian och de indirekta bevisen på att den finns, men i verkligheten är det ingen som observerat dessa mystiska partiklar direkt. Det är just därför den fått namnet ”Mörk materia” för att den verkar vara osynlig. Om någonting är ”osynligt”, hur kan man då veta att den finns? En del forskare anser att man inte kan veta det och har utvecklat alternativa teorier som utmanar mörk materia. Ett av alternativen kallas för MOND och står för MOdifierad Newtonsk Dynamik på svenska. Namnet beskriver bra vad teorin handlar om: kanske har vi inte förstått oss på Newtons lagar helt?

Historien om den mörka materian

Den mörka materians historia började redan på 1930-talet då astronomer börjat observera galaxers rörelser i galaxhopar. Med hjälp av deras luminositet kunde man uppskatta galaxernas massa, och då massa, gravitation och banhastighet har ett samband kunde man använda Newtons lagar för att beräkna den förväntade hastigheten på galaxerna. Observationerna visade sig inte alls stämma överens med de hastigheterna! Galaxerna hade en högre hastighet än vad Newtons lagar kunde förklara, och astronomerna hade svårigheter med att förklara varför galaxerna inte slungades ut från galaxhopen. Det här förbryllade såklart astronomerna, men någon förklaring kunde inte ges. För att lösa hastighetsproblemet antogs galaxhopen innehålla mer massa än vad som syns i observationerna, en ”osynlig” massa som blev kallad Mörk materia.

Några decennier senare gjordes ytterligare en upptäckt, denna gång i galaxerna själva. Vera Rubin och hennes kolleger upptäckte att stjärnorna i vissa galaxer hade för höga hastigheter i galaxens yttre delar. Hastigheten för stjärnorna

avtog inte radiellt utåt, utan förblev konstant längre ut i galaxen. Enligt Newtons gravitationslag ska hastigheten avta ju längre ut från gravitationscentrum de kommer, men observationerna stödde inte detta. Återigen förbryllades astronomerna och rättade till felet med att lägga till en ”osynlig” massa, fördelad på ett sådant sätt att de yttre delarna av galaxen skulle få en snabbare hastighet.

En ny teori uppkommer

På 1980-talet studerade Mordehai Milgrom detta fenomen och funderade på om vi verkligen förstod oss på Newtons lagar helt. Vi hade ju tidigare sett att dynamiken är annorlunda för relativistiska hastigheter, den så kallade speciella relativitetsteorin, samt för gravitation, den allmänna relativitetsteorin. Kunde det vara så att vi måste göra ännu ett specialfall för att förstå oss på galaxernas hastigheter i galaxhopar och stjärnornas hastigheter i de yttre delarna av galaxer? Milgrom försökte hitta den gemensamma nämnaren och såg snabbt att det fanns ett väldigt stort avstånd till masscentrum för de här fallen. Han började undersöka om extrema avstånd kan påverka Newtons lagar något, men insåg att argumenten inte höll. Istället valde han att titta på accelerationen från masscentrum. På jorden har vi en acceleration på ungefär 9,81 m/s², men i de yttre delarna av en galax kan accelerationen vara oerhört låg så långt bort från masscentrum. Resultatet ansåg han var tillräckligt nära för att beskriva stjärnornas hastigheter i galaxer och med det ansåg han att det inte behövdes någon mörk materia. Han införde en acceleration, a_0 , och ansåg att om accelerationen är högre än detta värde så kan man använda Newtons lagar som vanligt. Men är accelerationen lägre än detta värde börjar vi se avvikelser från Newtondynamiken.

MOND idag

Idag är fortfarande denna diskussion het bland forskare. Många nya forskningsartiklar har publicerats som verkar stödja både MOND och mörk materia. Observationer av skivgalaxers rotationskurvor verkar, i många fall, stämma bra överens med vad MOND förutspår. Samtidigt verkar det som att mörk materia bättre kan beskriva hastigheten för galaxer i galaxhopar. I forskarvärlden kan man identifiera två läger: de som stödjer MOND och de som stödjer mörk materia. Antalet publicerade vetenskapliga artiklar om MOND tycks ha ökat markant de senaste åren, vilket kan tyda på ett ökat intresse för teorin.

En kula i ryggen för MOND?

År 2006 fick MOND ett stort bakslag. Det publicerades en omfattande studie av Gevärskulehoppen som är till den mörka materians fördel. Gevärskulehoppen består av två, mycket heta, kolliderande galaxhopar. Den största delen av hoparnas stjärnor, gas och eventuell mörk materia påverkas olika under kollisionen. Stjärnorna påverkas inte mycket av gravitationskraften i kollisionen, utan passerar mer eller mindre rakt igenom varandra, med en något förändrad rörelse. Den heta gasen, som representerar den största delen vanlig materia, påverkas mycket av kollisionen. För att hitta den eventuella mörka materian tittade man på bakomliggande objekt och hur gravitationslinsen böjde dess ljus. Om endast vanlig materia existerade skulle gravitationslinsen följa den heta gasens rörelse. I studien visade det sig att gravitationslinsen inte följde den heta gasens rörelse, utan pekade mot att mörk materia verkligen fanns. En av MOND:s relativistiska teorier, kallad TeVeS och som

kan användas för gravitationslinser, användes på problemet. Det visade sig att det behövs mer massa i Gevärskulehoppen centrum för att förklara MOND:s dynamik. Därmed erkände MOND att det måste finnas någon typ av mörk materia, men inte i den skala som mörk materia-teorin anser. MOND anser istället att det kan vara neutriner som representerar den mörka materian. Det har dock visat sig vara komplicerat att beräkna in effekten av neutriner i problemet, så just nu pågår studier för att lösa problemet.

Trubbel med stora smällen

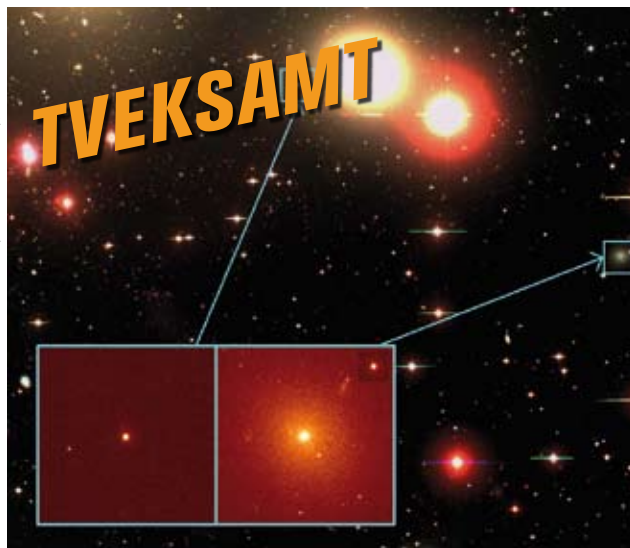
För att verkligen kunna veta om MOND är en bra och konkurrerande teori mot den mörka energin måste man titta närmre på kosmologin. Kan MOND förklara det vi ser långt ut i universum och i universums yngre tidsepok? Accelerationen

MOND inför en ny naturkonstant, $a_0 = 1,2 \cdot 10^{-10}$ m/s², som beskriver vid vilken acceleration Newtons andra lag måste modifieras. Om accelerationen är större än a_0 kan Newtons andra lag tillämpas, men är accelerationen mindre än a_0 modifieras ekvationen till

$$F = m\mu\left(\frac{a}{a_0}\right)a$$

där F är kraften, m är massan, μ är en funktion och a är accelerationen. Om accelerationen är större än a_0 blir ekvationen Newtons andra lag. Den ännu okända funktionen μ är 1 om $a \geq a_0$ och ger a om a ligger mellan 0 och a_0 .

BILDER: NASA/CXC/CFA/M. MARKEVITCH M. EL. NASA/STSC/ISS/J. WELLMAN/ARIZONA/D. CLOWE M. FL. GEVARSKULEHOPE/D. NASH/FESA/M. HILKER/M. DRINKWATER (ULTRAKOMPAKTA DVÄRGGALAXER); BILL KEEL/KIPHO (KLOTHOP M 30); A. WHITING, G. HAU & M. IRWIN (CEPHEUS DVÄRGGALAXIE)



GALAXER MED LÅG YTLJUSSTYRKA

Ytljusstyrkan är ett mått på hur mycket ljus som observeras över hela dess yta på himlen. Galaxer kan alltså ha hög eller låg ytljusstyrka. MOND förutspådde galaxer med låg ytljusstyrka innan de observerades genom att påstå att det finns ett kritiskt värde för ytdensiteten.

Om ett system, exempelvis en spiralgalax, har en ytdensitet av materia större än den kritiska innebär det att systemet har en acceleration högre än a_0 . I dessa system, galaxer med hög ytljusstyrka, skulle den observerade dynamiken inte avvika från Newtons lagar. I galaxer med låg ytljusstyrka är accelerationen mindre än a_0 och dynamiken skulle skilja sig från Newtons lagar. MOND:s förutsägelse verifierades genom observationer år 1998.

KLOTHOPAR

År 2006 genomfördes en studie på klotformiga stjärnhopar som enligt modellerna ska innehålla lite mörk materia. Alla fem stjärnhoparna har olika storlekar, olika massor och olika dynamiska historier men en sak gemensamt: de är extremt koncentrerade och i centrum är accelerationen över värdet på a_0 . Det är endast de yttre delarna av stjärnhoparna som har en acceleration under a_0 . Från mörk materias synvinkel skulle dessa fem stjärnhopar följa Newtons lagar, utan något bidrag från mörk materia eftersom den saknas. Enligt MOND skulle dynamiken avvika då accelerationen blir lägre än a_0 . Studien verkar stödja MOND.

ULTRAKOMPAKTA DVÄRGGALAXER

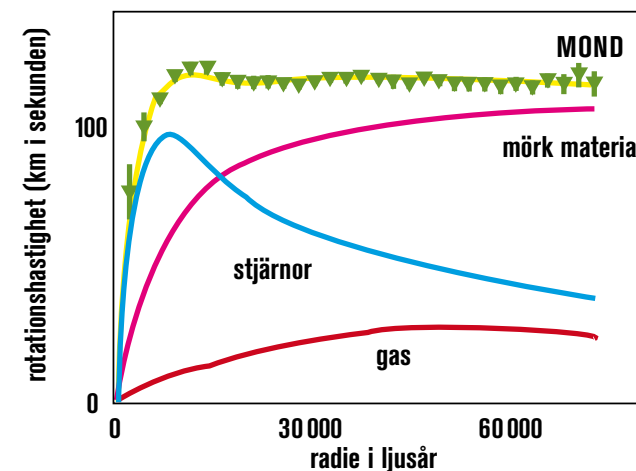
Vissa modeller anser att det finns mycket mörk materia i ultrakompakta dvärggalaxer i galaxhopar.

Det resulterar i att dynamiken borde vara avvikande enligt idén om mörk materia. Enligt MOND är accelerationen i dessa kompakta dvärggalaxer i hopen över a_0 och Newtons lagar borde gälla som vanligt.

År 2003 publicerades en uppsats som visade att simuleringar av dessa inte hade någon avvikande dynamik. År 2008 publicerades ännu en uppsats, men denna gång påstods det att dynamiken är avvikande. Artikelskrivarna har alltså backat i sin tidigare publicering och nu lutar studierna åt den mörka materian istället.

HOPAR AV GALAXER

För att förklara hastigheterna i hopar av galaxer påstås det saknas massa enligt MOND. Mörk materia-modellerna beskriver dynamiken bättre och deras resultat överensstämmer bättre med det observerade.



Rotationskurvan för galaxen NGC 6503 – gröna trianglarna – jämförd med olika teoretiska förutsägelser.

tionen, a_0 , verkar ha ett samband med Hubbles universella konstant, H_0 , som är relaterad till hur snabbt universum utvidgas. Ändå verkar MOND ha svårigheter att beskriva stora smällen-teorin, mest för att det inte finns någon bra relativistisk del av MOND.

Frågetecken

Problemet verkar främst ligga i kopplingen mellan nukleosyntesen och fotoner, dvs. ljus, vid universums så kallade rekombination. När universum utvidgas blir fotonernas våglängder längre, vilket innebär att fotonerna blir mindre energirika. I det mycket unga universum hade fotonerna så pass mycket energi att de kunde slå sönder alla atomer i sin väg. Innan rekombinationen, förhindrade fotonerna grundämnen från att bildas. De uppkom först när universum expanderat så pass mycket att fotonerna inte längre kunde slå sönder atomer.

Det finns publicerade artiklar om huruvida MOND dominerar i vårt nuvarande universum med dominansen avtagande ju längre bakåt i tiden vi observerar. Dock är det många frågetecken som kvarstår.

Pioneer-anomalin

Rymdsonderna Pioneer 10 och Pioneer 11 sändes upp i rymden år 1972 respektive 1973 för att utforska gasjätteplaneterna i solsystemet. Sedan deras uppdrag var slut fortsatte de utåt mot en obestämd destination. Under deras resa minskas hastigheten på grund av solens gravitation, men det har visat sig att hastigheten minskar något mer än beräknat. Söndernas acceleration mot solen ligger nära värdet på a_0 , något över, så frågan är om det är MOND vi observerar eller om det är ett läckage av gas från sonderna. ★

ÅSA KARLSSON är forskarstudent i Uppsala och intervjuas på sidorna 22-25.

TeleskopService – din guide till universum

QSI 583 CCD-kamera

QSI 583 är ett genombrott för CCD-kameror när det gäller prestanda och mångsidighet. För första gången finns en kamera med hög känslighet och låg mörkström, som ger toppresultat både vid widefield och högupplösande foto. QSI's 500-serie ger dig kompakt design, strömsnålhet och toppprestanda i en komplett utrustad CCD-kamera. Tillval och möjligheter till uppgradering innebär att du kan skraddarsy en kamera för både nuvarande och kommande behov



| | | |
|------------|---------------------------------|----------|
| QSI 583s | Mekanisk slutare | 36 600:– |
| QSI 583ws | Mekanisk slutare/filterhjul | 41 200:– |
| QSI 583wsg | Mekanisk slutare/filterhjul/OAG | 45 295:– |
| QSI 583cs | Färgkamera/mekanisk slutare | 36 600:– |
| QSI 583csg | Färgkamera/mekanisk slutare/OAG | 41 200:– |

TS Optics fältkikare

En serie fältkikare av hög klass avsedda för astronomiskt bruk. God skärpa och välkorrigerad optik. BAK4-prismor. 80 och 100mm modellerna levereras med integrerad, skjutbar stativadapter, samt i kraftigt koffert.



| | | |
|---------------------|------------------|---------|
| Art.nr. TS1570LE | TS Optics 15x70 | 1 395:– |
| Art.nr. TS20x80Trip | TS Optics 20x80 | 2 375:– |
| Art.nr. TS25100 | TS Optics 25x100 | 3 825:– |

William Optics

William Optics är välkända över hela världen för sin tillverkning av högklassiga refraktorer till mycket konkurrenskraftiga priser. För komplett program se vår hemsida.



| | | |
|--------------------|------------------|---------|
| Några prisexempel: | | |
| Art.nr. WOZ570 | WO ZenithStar 70 | 3 975:– |
| Art.nr. WOM72FD | WO Megrez 72 FD | 4 725:– |

GSO Dobsonteleskop

Vi presenterar en serie kvalitetsteleskop från GSO till verkliga lågpriser. Optik av högsta klass. Utrustade med 2" Crayfordfokuserare, kylfläkt, 8x50 sökare, samt rullager i azimut.



| | | |
|-----------------|-----------------------|---------|
| Art.nr. GSD200C | GSO Dobson 200/1200mm | 3 795:– |
| Art.nr. GSD250C | GSO Dobson 250/1250mm | 5 895:– |
| Art.nr. GSD300C | GSO Dobson 300/1500mm | 7 995:– |

KENDRICK ASTRO INSTRUMENTS

Stor sortering av dagghuvar, värmeband, kontrollboxar, solfilter och lasrar. En stor nyhet är dagghuven ZapCap med inbyggt värmeband.



| | | |
|--------------|---------------------|-------|
| Prisexempel: | ZapCap för yd 200mm | 650:– |
|--------------|---------------------|-------|

Ring eller maila in din order

Frakt tillkommer på alla priser

TeleskopService Norden AB
Mobil +46 (0) 768 653 250
Tel +46 (0) 301 429 72
info@teleskop-service.se
www.teleskop-service.se

